

Implementasi BIM 5D pada *re-design* gedung dekanat Fakultas Pertanian Peternakan Universitas Diponegoro

Caroline Audrey Kendra Dewi^{a*}, Wahyu Budi Antoa, Bambang Setiabudia, Asri Nurdiana^a

^{a*},^aTeknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

audreykendra472@gmail.com

Article history:

Received : 03 June 2025

Accepted : 26 June 2025

Publish : 30 June 2025

Keywords:

Earthquake Resistance Structure, Cost Estimate, BIM 5D

ABSTRACT

Indonesia's geographical condition is in the Ring of Fire area, which has a fairly high earthquake potential. In line with the population density in Indonesia and according to seismicity. The right system to use for this area is to use the Special Moment Resisting Frame System (SRPMK). It is planned to recalculate the FPP Undip Dean's Building by implementing BIM 5D integration. Starting from the 2D modeling stage with Autocad, structural analysis with SAP2000, 3D modeling with Revit, the scheduling process using Microsoft Project, and 5D integration with Navisworks. The load review carried out includes dead load, live load, wind load, rain load, and earthquake load using SNI 1727:2020 and PPIUG 1983. Reference provisions for calculating reinforced concrete structures use SNI 2847:2013 and 2847:2019, and earthquake-resistant building structures use SNI 1726:2019. The re-planning of the Dean Building of the Faculty of Agriculture and Animal Husbandry, Diponegoro University with BIM 5D provides a final output plan in the form of project visualization which includes 3D design results, scheduling, and budget design. This activity is expected to increase the efficiency of building project construction.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara di Asia Tenggara yang memiliki jumlah penduduk dengan percepatan kenaikan angka penduduk yang cukup besar. Dibuktikan dengan data dari Badan Pusat Statistik, Indonesia mengalami kenaikan jumlah penduduk di tiga tahun terakhir yaitu pada tahun 2021, Indonesia memiliki jumlah penduduk sebanyak 272.682,5 juta jiwa. Pada tahun 2022, Indonesia mengalami pertambahan jumlah penduduk menjadi 275.773,8 juta jiwa, dan di pertengahan tahun 2023 Indonesia mengalami pertambahan penduduk sebanyak 278.696,2 juta jiwa (BPS, 2023). Dengan kondisi jumlah penduduk yang padat, para penduduk memerlukan adanya fasilitas yang memadai.

Menurut Rambe (2022), Indonesia berada di daerah yang memiliki zona rekahan dan merupakan negara yang memiliki jalur gempa yang aktif secara seismik nomor dua di dunia. Dengan demikian, dibutuhkan suatu struktur bangunan yang kuat dan mampu menahan beban gempa yang diterima oleh struktur bangunan. Struktur bangunan yang ada di Indonesia harus memenuhi ketentuan dan dibangun berdasarkan peraturan keamanan yang berlaku, sehingga suatu gedung bangunan dapat bertahan dalam waktu yang lama. Berdasarkan SNI 2847:2013, terdapat beberapa sistem struktur bangunan tahan gempa, salah satunya yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Didukung oleh Modul PUPR No. 18 tahun 2018, perencanaan ulang gedung bertingkat dapat disempurnakan menggunakan *Building Information Modeling* (BIM). BIM memiliki beberapa integrasi dimensi modeling, meliputi 3D (*Building Data & Information*), 4D (*Schedule*), 5D (*Work Breakdown Structure*), 6D (*Energy Analysis*), dan 7D (*Building Life Cycles*) (Rachmawati, 2022).

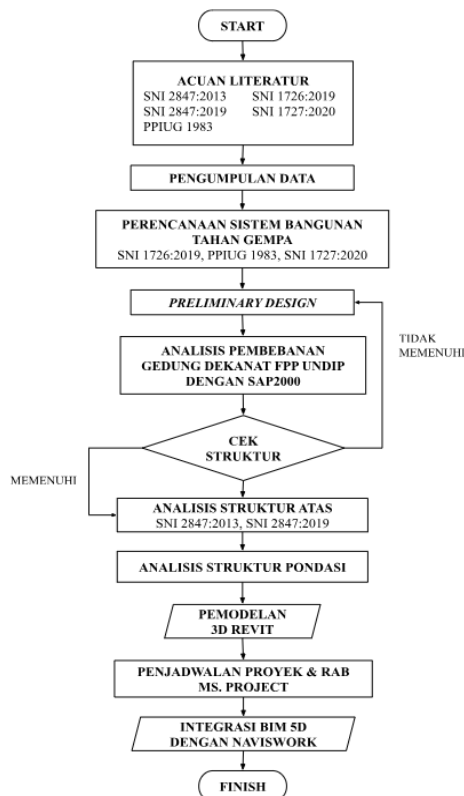
Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang terhadap Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip sebagai objek penelitian menggunakan BIM 5D. Gedung ini telah dibangun sebagai sarana perkuliahan serta pengembangan bagi mahasiswa dan tenaga pendidik. Tujuan adanya perencanaan ulang adalah untuk memperhitungkan kuat struktur yang terintegrasi dengan BIM 5D. Selain itu, perencanaan struktur ditinjau sesuai struktur bangunan tahan gempa berdasarkan perhitungan pembebanan. Perencanaan ulang ini diharapkan menghasilkan output berupa hasil reaksi gaya dalam struktur, hasil kebutuhan tulangan, pemodelan 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek, dan penjadwalan proyek. Proses ini selanjutnya diintegrasikan menggunakan *software Navisworks* untuk menghasilkan sebuah simulasi visualisasi proyek.

2. Data dan metode

Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro akan direncanakan ulang menjadi 6 lantai dengan menggunakan sistem bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Proses perencanaan diperhitungkan menggunakan struktur beton bertulang sesuai SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural. Pembebanan pada bangunan ini memperhitungkan beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban hujan yang mengacu pada SNI 1727:2020 dan PPIUG 1983 tentang beban minimum dan pembebanan Indonesia.

Berdasarkan data observasi, diperoleh bahwa bangunan ini termasuk ke dalam kategori risiko IV untuk bangunan perkuliahan. Sesuai dengan data penyelidikan tanah yang merupakan tanah mediterania coklat tua atau tanah keras batuan lunak, bangunan ini tergolong ke dalam kelas situs C dengan kategori desain seismik (KDS) D yaitu tingkat risiko tinggi terhadap gempa. Oleh karena itu, dirancang sistem bangunan tahan gempa menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Perencanaan dilakukan dengan analisis struktur dengan SAP2000 menggunakan hasil *preliminary design* untuk menentukan tulangan pakai (Sari, dkk, 2024). Dilanjutkan dengan pemodelan 3D dengan *Autodesk Revit* untuk output berupa *quantity take off* untuk perhitungan volume dan anggaran biaya (Pratama, 2022). Pembangunan direncanakan akan dijadwalkan menggunakan *Microsoft Project*. Kemudian, hasil 3D, anggaran biaya, dan penjadwalan diintegrasikan menjadi visualisasi dengan *Navisworks* (Prayoga, 2023). Adapun alur perencanaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan ulang

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary design struktur atas

3.1.1. Preliminary design balok

Preliminary design diperhitungkan untuk menentukan dimensi struktur balok sesuai bentang yang telah ditentukan pada setiap bagian pelat lantai. Dimensi balok dihitung menurut SNI 2847:2013 tabel 9.5(a) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perencanaan dimensi balok

Perletakkan Komponen Sederhana	h Min
Tertumpu Sederhana	L/16
Satu Ujung Menerus	L/18,5
Kedua Ujung Menerus	L/21
Kantilever	L/8

Perhitungan dimensi tinggi balok (h) untuk balok induk h/12, balok anak h/16, kantilever h/8, dan tie beam h/18,5 dengan lebar balok (b) sesuai SNI 2847:2019 menggunakan 0,5h dengan hasil *preliminary design* sesuai Tabel 2.

Tabel 2. Daftar dimensi balok

Tipe	b Min (mm)	h Min (mm)	Dimensi (mm)	Jenis Balok
B1	270,83	541,67	450 x 700	Balok Induk
B2	250,00	500,00	450 x 700	Balok Induk
B3	333,33	666,67	450 x 700	Balok Induk
Ba1	203,13	406,25	250 x 400	Balok Anak
Ba2	187,50	375,00	250 x 400	Balok Anak
Ba3	93,75	187,50	250 x 400	Balok Anak
Ba4	125,00	250,00	250 x 400	Balok Anak
BSL	250,00	500,00	400 x 600	Balok Anak
BK1	250,00	500,00	350 x 500	Balok Anak
BK2	203,13	406,25	350 x 500	Balok Anak
BB	93,75	187,50	200 x 400	Balok Bordes
BAT1	216,22	432,43	300 x 450	Balok Atap
BAT2	203,13	406,25	300 x 450	Balok Atap
TB	216,22	432,43	400 x 600	Tie Beam
TB1	175,68	351,35	400 x 600	Tie Beam

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1 perlu dilakukan pengecekan terhadap dimensi balok yang sudah diperhitungkan untuk memperoleh kekuatan struktur dengan beberapa ketentuan bentang bersih (ℓ_n) $\geq 4d$ efektif. Untuk lebar balok (bw) harus $\geq$ minimum 0,3h balok dan 250 mm dan harus < nilai minimum b kolom dan 0,75h kolom. Hasil daftar cek syarat dimensi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar cek dimensi balok

Tipe	Dimensi (mm)	Bentang (mm)	b Kolom	Syarat 1 ($\ell_n \geq 4d$)	Syarat 2 ($bw \geq 0,3h$)	Syarat 3 ($bw < b$ kolom)
B1	450 x 700	6500	650	OK	OK	OK
B2	450 x 700	6000	700	OK	OK	OK
B3	450 x 700	8000	650	OK	OK	OK
Ba1	250 x 400	3250	650	OK	OK	OK
Ba2	250 x 400	3000	650	OK	OK	OK

Tipe	Dimensi (mm)	Bentang (mm)	b Kolom	Syarat 1 (Ln $\geq$ 4d)	Syarat 2 (bw $\geq$ 0,3h) (bw < b kolom)	Syarat 3
Ba3	250 x 400	3000	350	OK	OK	OK
Ba4	250 x 400	4000	650	OK	OK	OK
BSL	400 x 600	4000	650	OK	OK	OK
BK1	350 x 500	8000	650	OK	OK	OK
BK2	350 x 500	6500	650	OK	OK	OK
BB	200 x 400	3000	650	OK	OK	OK
BAT1	300 x 450	8000	650	OK	OK	OK
BAT2	300 x 450	6500	650	OK	OK	OK
TB	400 x 600	8000	650	OK	OK	OK
TB1	400 x 600	6500	650	OK	OK	OK

3.1.2. Preliminary design pelat lantai dan atap

Design pelat diperhitungkan berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.1 dengan memperhitungkan bentang terpanjang pelat (L_y) dan bentang terpendek pelat (L_x). Perhitungan dirumuskan berdasarkan ketentuan untuk pelat dua arah dengan $L_y/L_x < 2$ dan pelat satu arah dengan $L_y/L_x \geq 2$. Didapatkan daftar pelat lantai dan pelat atap yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Daftar tipe pelat lantai dan pelat atap

Tipe	L_y (mm)	L_x (mm)	L_{ny} (mm)	L_{nx} (mm)	L_{ny}/L_{nx}	Tipe Pelat
P1	400	325	375	280	1,339	2 arah
P2	400	325	375	280	1,254	2 arah

Diperoleh hasil tipe pelat 2 arah, ketebalan pelat dihitung berdasarkan rumus SNI 2847:2019 pasal 9.3.3.3 bahwa $afm > 2$ untuk $h_{min} = (L_n \times (0,8 + (f_y/1400))) / (36 + 9\beta)$ dengan h_{min} harus lebih besar dari 90 mm. Jika diperoleh hasil $0,2 < afm \leq 2$ maka digunakan $h_{min} = (L_n \times (0,8 + (f_y/1400))) / (36 + 5\beta \times (afm - 0,2))$ dengan nilai h_{min} harus lebih besar dari 125 mm. Ketebalan pelat yang dipakai harus lebih besar dari ketebalan pelat minimum berdasarkan nilai rasio kuat lentur balok dengan pelat (afm) seperti yang ditunjukkan pada

Tabel 5. Daftar tebal pelat lantai dan pelat atap

Tipe	Letak	afm	h_{Min}	h_{Pakai}
P1	Pelat Lantai	4,058	87,62	120
P2	Pelat Atap	8,779	84,2	100

3.1.3. Preliminary design tangga dan bordes

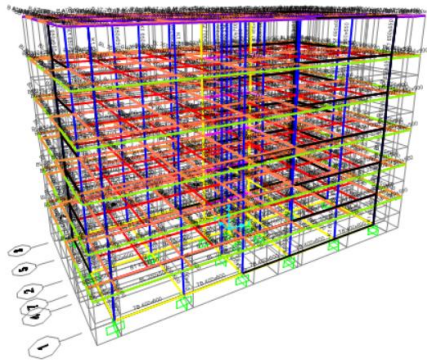
Tangga diperhitungkan berdasarkan syarat kemiringan yang harus dipenuhi. Menurut Silitonga, dkk (2023), tangga memiliki kemiringan ideal yang harus dipenuhi yaitu sebesar $25^\circ < \alpha < 40^\circ$ dengan perhitungan $\alpha = \arctan (0,5h \text{ tangga} / \text{panjang datar tangga})$. Pada perhitungan Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip diperoleh α tangga sebesar $37,51^\circ$ dengan ketebalan pelat tangga sebesar 120 mm.

3.2. Analisis struktur atas

3.2.1. Analisis struktur balok, pelat, dan kolom

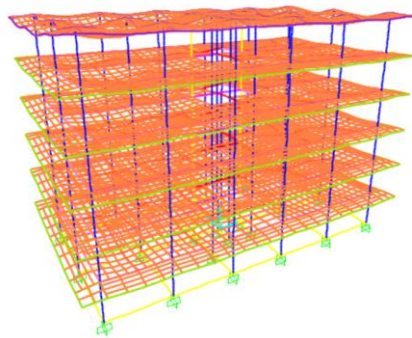
Analisis struktur pada perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip dilakukan menggunakan SAP2000 dengan melakukan input dimensi tiap struktur dan material sesuai hasil daftar yang telah diperhitungkan. Perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip menggunakan mutu beton f'_c 30 MPa untuk struktur atas dan f'_c 25 MPa untuk struktur bawah (tie beam dan pile cap). Selain itu digunakan mutu baja tulangan menggunakan f_y 420 MPa. Digunakan analisis struktur atas dengan melakukan input pembebanan sesuai SNI 2847:2019,

SNI 1727:2020, PPIUG 1983 dan pembebanan gempa menurut SNI 1726:2019. Hasil input dimensi dan material struktur ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Input dimensi struktur

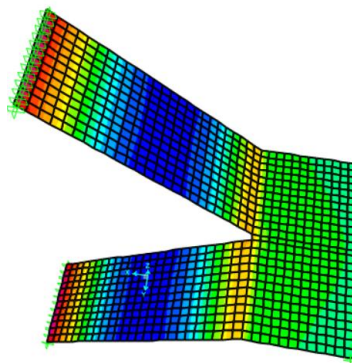
Selanjutnya, melakukan *input* beban mati pada pelat dan balok. Beban mati tambahan meliputi beban dinding pada struktur balok, beban mekanikal elektrik, beban keramik, beban spesi sebagai beban mati tambahan pada pelat lantai. Selain itu, berdasarkan PPIUG 1983, beban hidup bangunan sesuai fungsi ruang kuliah sebesar $2,5 \text{ kN/m}^2$. Beban angin sesuai perhitungan SNI 1727:2020 dan pembebanan gempa berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang meliputi nilai S_{ds} dan S_{d1} . Proses analisis struktur berfungsi untuk memastikan bahwa struktur telah memenuhi kapasitas dari beban yang bekerja. Hasil analisis struktur Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip ditunjukkan pada Gambar 3.



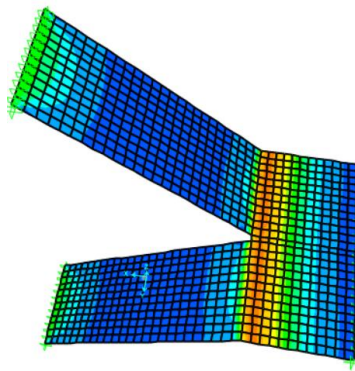
Gambar 3. Hasil analisis struktur

3.2.2. Analisis struktur tangga

Pada struktur tangga Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip diperoleh hasil analisis gaya momen arah memanjang dan melintang berdasarkan pembebanan dan ketebalan pelat tangga. Berdasarkan kemiringan tangga sebesar $37,51^\circ$ diperoleh hasil analisis struktur tangga yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Momen melintang tangga



Gambar 5. Momen memanjang tangga

3.3. Preliminary desain struktur atas

3.3.1. Perhitungan tulangan balok

Menurut Afnaldi (2022), balok sebagai penyalur beban momen harus direncanakan tulangan lentur dan geser. Tulangan lentur balok dihitung sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1 dengan memperhitungkan Batasan tulangan $\rho < 0,025$ dengan nilai koefisien ketahanan R_n jika $f'_c > 28$ MPa dirumuskan $\rho_{\text{perlu}} = 1/m(1-(\sqrt{1-(2 \times m \times R_n/f_y)}))$. Untuk batasan $\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y$ dan $\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b$. Syarat As perlu sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.3 digunakan rumus $A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$. Syarat luas tulangan As pakai $> A_s \text{ min SNI}$ dan As perlu hasil output SAP2000. Daftar tulangan balok ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Daftar tulangan lentur balok

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Hitung (mm ²)	As Min (mm ²)	As Pakai (mm ²)	Tulangan Pasang
B1	450 x 700	Tump.	Atas	1709	960,75	960,75	2268,23	8D19
			Bawah	975	960,75	960,75	1134,11	4D19
		Lap.	Atas	549	960,75	960,75	1134,11	4D19
			Bawah	804	960,75	960,75	1417,64	5D19
B2	450 x 700	Tump.	Atas	1581	960,75	960,75	1984,70	7D19
			Bawah	975	960,75	960,75	1134,11	4D19
		Lap.	Atas	547	960,75	960,75	1134,11	4D19
			Bawah	678	960,75	960,75	1417,64	5D19
B3	450 x 700	Tump.	Atas	2109	954	954	2660,93	7D22
			Bawah	1022	954	954	1140,40	3D22
		Lap.	Atas	688	954	954	1140,40	3D22
			Bawah	975	954	954	1520,53	4D22
Ba1	250 x 400	Tump.	Atas	583	285	285	804,25	4D16
			Bawah	295	285	285	402,12	2D16
		Lap.	Atas	186	285	285	402,12	2D16
			Bawah	445	285	285	603,19	3D16
Ba2	250 x 400	Tump.	Atas	388	285	285	603,19	3D16
			Bawah	254	285	285	402,12	2D16
		Lap.	Atas	126	285	285	402,12	2D16
			Bawah	164	285	285	603,19	3D16
Ba3	250 x 400	Tump.	Atas	439	285	285	603,19	3D16
			Bawah	361	285	285	402,12	2D16
		Lap.	Atas	158	285	285	402,12	2D16
			Bawah	185	285	285	603,19	3D16
Ba4	250 x 400	Tump.	Atas	333	285	285	804,25	4D16
			Bawah	218	285	285	402,12	2D16
		Lap.	Atas	108	285	285	402,12	2D16
			Bawah	295	285	285	603,19	3D16
BAT1	300 x 450	Tump.	Atas	1292	390,5	390,5	1701,17	6D19
			Bawah	618	390,5	390,5	850,59	3D19

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Hitung (mm ²)	As Min (mm ²)	As Pakai (mm ²)	Tulangan Pasang
BAT2	300 x 450	Lap.	Atas	403	390,5	390,5	567,06	2D19
			Bawah	897	390,5	390,5	1134,11	4D19
		Tump.	Atas	1058	390,5	390,5	1701,17	6D19
			Bawah	509	390,5	390,5	567,06	2D19
BK1	350 X 500	Lap.	Atas	336	390,5	390,5	567,06	2D19
			Bawah	822	390,5	390,5	1134,11	4D19
		Tump.	Atas	445	515,67	515,67	804,25	4D16
			Bawah	220	515,67	515,67	603,19	3D16
BK2	350 X 500	Lap.	Atas	165	515,67	515,67	603,19	3D16
			Bawah	199	515,67	515,67	804,25	4D16
		Tump.	Atas	295	515,67	515,67	804,25	4D16
			Bawah	147	515,67	515,67	603,19	3D16
BSL	400 x 600	Lap.	Atas	73	515,67	515,67	603,19	3D16
			Bawah	212	515,67	515,67	804,25	4D16
		Tump.	Atas	1418	787,33	787,33	1984,70	7D19
			Bawah	801	787,33	787,33	850,59	3D19
BB	200 x 400	Lap.	Atas	147	787,33	787,33	850,59	2D19
			Bawah	718	787,33	787,33	1701,17	6D19
		Tump.	Atas	434	228,00	228,00	603,19	3D16
			Bawah	315	228,00	228,00	402,12	2D16
TB	400 x 600	Lap.	Atas	145	228,00	228,00	402,12	2D16
			Bawah	385	228,00	228,00	603,19	3D16
		Tump.	Atas	748	720,67	720,67	1417,64	5D19
			Bawah	371	720,67	720,67	1134,11	4D19
TB1	400 x 600	Lap.	Atas	185	720,67	720,67	1134,11	4D19
			Bawah	371	720,67	720,67	1417,64	5D19
		Tump.	Atas	492	720,667	720,667	1417,644	5D19
			Bawah	245	720,667	720,667	1134,115	4D19
		Lap.	Atas	122	720,667	720,667	1134,115	4D19
			Bawah	240	720,667	720,667	1417,644	5D19

3.3.2. Perhitungan tulangan pelat

Tulangan pelat ditinjau berdasarkan batasan yang mengacu pada SNI 2847:2019 dengan digunakan rumus As perlu = $\rho \times b \times d$ dan As pakai = $\frac{1}{4} \times n \times \pi \times D^2$. Pada pelat lantai diperhitungkan syarat terhadap momen lentur terfaktor (Mlx, Mly, Mtx, dan Mty) dengan momen nominal hitung $\phi M_n = A_s \text{ pakai} \times f_y \times (d - (a/2))$ dengan kapasitas momen $\phi M_n > M_u$. Hasil daftar tulangan pelat lantai dan atap ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Daftar tulangan pelat

Tipe	Tebal (mm)	Daerah	Letak Tulangan	Mu (kNm)	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Pakai (mm ²)	ϕM_u (kNm)	Cek Kapasitas Momen	Tulangan Pasang
P1	120	Arah X	Tumpuan	7,453	316,67	392,70	15,96	OK	D10-200
			Lapangan	3,514	316,67	392,70	15,96	OK	D10-200
		Arah Y	Tumpuan	6,496	283,33	392,70	15,96	OK	D10-200
			Lapangan	3,318	283,33	392,70	15,96	OK	D10-200
P2	120	Arah X	Tumpuan	4,524	250,00	314,16	10,21	OK	D10-200
			Lapangan	2,111	250,00	314,16	10,21	OK	D10-200
		Arah Y	Tumpuan	4,478	216,67	314,16	10,21	OK	D10-200
			Lapangan	2,582	216,67	314,16	10,21	OK	D10-200

3.3.3. Perhitungan tulangan kolom

Ouput SAP2000 untuk perhitungan kolom berupa beban aksial total (Pu), gaya momen, gaya geser, dan As tulangan karena kolom meneruskan beban menuju pondasi (Rumbyarso, 2021). Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.1, dimensi kolom harus memenuhi syarat luas penampang $\times f'_c < \text{beban aksial (Pu)}$ dengan dimensi penampang terpendek ≥ 300 mm. Rasio dimensi kolom harus

memenuhi $b/h > 0,4$. Apabila telah memenuhi, perhitungan tulangan digunakan rumusan $A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \times n \times \pi \times D^2 > A_s \text{ perlu}$ (output SAP2000). Rasio tulangan yang digunakan sesuai SNI 2847:2019 yaitu $1\% < A_s \text{ pakai}/(b \times h) < 6\%$. Daftar tulangan longitudinal kolom ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Daftar tulangan longitudinal kolom

Tipe	Dimensi (mm)	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Pakai (mm ²)	Syarat As Pakai > As Perlu	Syarat Dimensi Kolom	Tulangan Pakai	Rasio Tulangan
K1	650 x 650	4225	4253	OK	OK	15D19	1,01%
K2	700 x 700	4900	4942	OK	OK	13D22	1,01%
K3	350 x 700	3771	3969	OK	OK	14D19	1,62%

Syarat jarak tulangan geser kolom mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.6.4 dengan $S \text{ min} = 100 \text{ mm}$, $S \text{ maks 1} = 1/4h$, $S \text{ maks 2} = 6D$, $S \text{ maks 3} = 150 \text{ mm}$. Luas tulangan pakai $A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$, dengan $A_v \text{ pakai} = \frac{1}{4} \times n \times \pi \times n \text{ kaki}$. Daftar tulangan geser kolom ditunjukkan pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 9. Daftar tulangan geser

Tipe	Dimensi (mm)	$A_v/S \text{ Perlu}$ SAP2000 (mm ² /mm)	Gaya Geser V_u SAP2000 (kN)	Gaya Geser V_n (kN)	$A_v \text{ Perlu}$ (mm ²)	$A_v \text{ Pakai}$ (mm ²)	$S \text{ min}$ (mm)	$S \text{ maks}$ (mm)	Cek Kapasitas Geser	Tulangan Pasang
K1	650 x 650	1,311	127,66	271,19	524,57	530,93	100	150	OK	4D13-150
K2	700 x 700	1,359	237,20	385,66	572,79	530,93	100	150	OK	4D13-150
K3	350 x 700	1,329	66,08	165,70	254,57	398,20	100	150	OK	4D13-150

3.3.4. Perhitungan tulangan tangga dan bordes

Perhitungan tangga direncanakan pada pelat miring tangga dan bordes, perhitungan tulangan mengacu pada SNI 2847:2019 tentang pelat datar dengan $A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \times n \times \pi \times D^2$. Untuk $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (output SAP2000) yang ditunjukkan pada

Tabel 10. Daftar tulangan tangga dan bordes

Tipe	Tebal (mm)	Daerah	Letak Tulangan	μ (kNm)	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Pakai (mm ²)	$\emptyset \mu$ (kNm)	Cek Kapasitas Momen	Tulangan Pasang
Tangga	120	Melintang	Tumpuan	11,459	320,00	523,60	19,75	OK	D10-150
			Lapangan	5,591	316,67	663,66	24,23	OK	D13-200
		Memanjang	Tumpuan	2,292	320,00	523,60	19,75	OK	D10-150
			Lapangan	0,484	316,67	663,66	24,23	OK	D13-200
Bordes	120	Melintang	Tumpuan	1,274	320,00	523,60	19,75	OK	D10-150
			Lapangan	0,128	316,67	663,66	24,23	OK	D13-200
		Memanjang	Tumpuan	6,639	320,00	523,60	19,75	OK	D10-150
			Lapangan	0,885	316,67	663,66	24,23	OK	D13-200

3.4. Perencanaan struktur bawah

Menurut Yasin (2022), fondasi tiang pancang harus digunakan pada tanah batuan lunak dengan kedalaman tanah yang cukup dalam. Oleh karena itu, digunakan fondasi tiang pancang dengan perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan metode Meyerhoff dengan menggunakan hasil data tanah berupa nilai *qonus resistance* (q_c) dan *total frictions* (t_f). Dirumuskan daya dukung tiang pondasi (Q) ult = $((q_c \times A)/3) + ((t_f \times K)/5)$ dengan daya dukung netto (Q) netto = $Q \text{ ult} - \text{berat 1 tiang (W)}$. Diperoleh nilai efisiensi untuk perhitungan $Q \text{ izin} > \text{beban aksial yang bekerja pada fondasi (Pu)}$. Daftar jumlah tiang dan nilai efisiensi tiang pancang ditunjukkan dalam

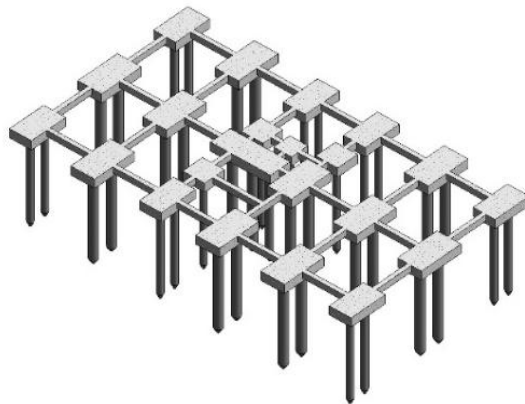
Tabel 11. Daftar tiang dan efisiensi kelompok tiang

Tipe	Gaya Aksial Pu SAP2000 (kN)	Diamete r Tiang (cm)	Daya Dukung Netto Tiang (kN)	Jumlah Tiang Perlu	Jumlah Tiang Pakai	Effisiensi (%)	Daya Dukung Izin Kelompok (kN)	Cek Daya Dukung Q izin $\geq Pu$
PC2	3670,18	60	2390,66	1,535	2	99,44%	4754,75	OK
PC1	4244,33	80	4207,83	1,009	2	99,44%	8368,91	OK
PC2	3573,72	60	2390,66	1,495	2	99,44%	4754,75	OK

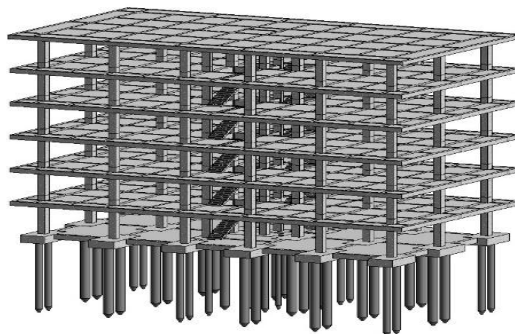
Tipe	Gaya Aksial Pu SAP2000 (kN)	Diamete r Tiang (cm)	Daya Dukung Netto Tiang (kN)	Jumlah Tiang Perlu	Jumlah Tiang Pakai	Effisiensi (%)	Daya Dukung Izin Kelompok (kN)	Cek Daya Dukung Q izin ≥ Pu
PC2	3759,23	60	2390,66	1,572	2	99,44%	4754,75	OK
PC1	4254,51	80	4207,83	1,011	2	99,44%	8368,91	OK
PC2	3683,39	60	2390,66	1,541	2	99,44%	4754,75	OK
PC3	1677,68	60	2390,66	0,702	1	100%	2390,66	OK
PC4	1204,23	45	1362,56	0,884	1	100%	1362,56	OK
PC3	2221,89	60	2390,66	0,929	1	100%	2390,66	OK
PC1	4650,09	80	4207,83	1,105	2	99,44%	8368,91	OK
PC1	5153,26	80	4207,83	1,225	2	99,44%	8368,91	OK
PC1	4244,72	80	4207,83	1,009	2	99,44%	8368,91	OK
PC3	2107,75	60	2390,66	0,882	1	100%	2390,66	OK
PC2	3220,32	60	2390,66	1,347	2	99%	4754,75	OK
PC1	5106,99	80	4207,83	1,214	2	99,44%	8368,91	OK
PC1	4689,02	80	4207,83	1,114	2	99,44%	8368,91	OK
PC3	1895,17	60	2390,66	0,793	1	100%	2390,66	OK
PC2	3677,83	60	2390,66	1,538	2	99,44%	4754,75	OK
PC1	4289,57	80	4207,83	1,019	2	99,44%	8368,91	OK
PC1	4275,30	80	4207,83	1,016	2	99,44%	8368,91	OK
PC2	3723,53	60	2390,66	1,558	2	99,44%	4754,75	OK
PC1	4237,79	80	4207,83	1,007	2	99,44%	8368,91	OK
PC2	3694,54	60	2390,66	1,545	2	99,44%	4754,75	OK
PC2	3670,18	60	2390,66	1,535	2	99,44%	4754,75	OK

3.5. Pemodelan 3D

Pemodelan 3D pada perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro menggunakan *Autodesk Revit* menggunakan dimensi struktur hasil analisis yang sudah memenuhi. Pemodelan struktur bawah ditunjukkan pada Gambar 6 sedangkan pemodelan 3D struktur atas ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

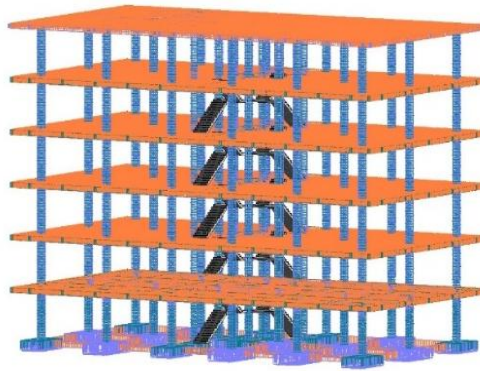


Gambar 6. Pemodelan 3D Struktur Bawah



Gambar 7. Pemodelan 3D struktur atas gedung dekanat FPP

Tulangan revit didesain sesuai dengan perhitungan tulangan struktur. Tulangan disusun dari struktur atas kemudian dilanjutkan untuk struktur bawah. Desain tulangan Gedung Dekanat FPP sebagai pada Gambar 8.



Gambar 8. Pemodelan tulangan

3.6. Rencana anggaran biaya

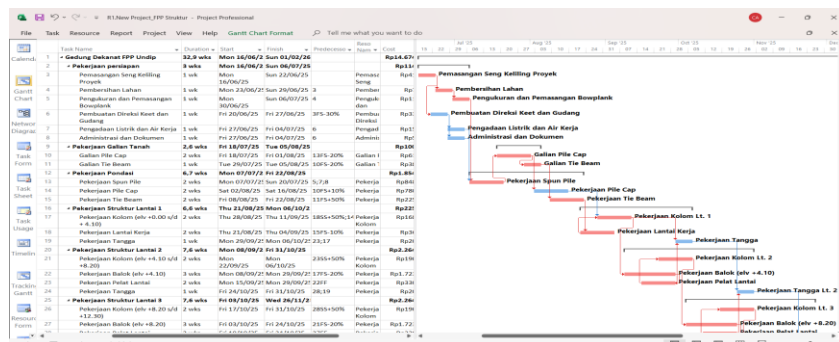
Berdasarkan hasil analisis *quantity take off Revit Structures*, dilakukan perhitungan volume untuk selanjutnya diperhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Daftar rencana anggaran biaya

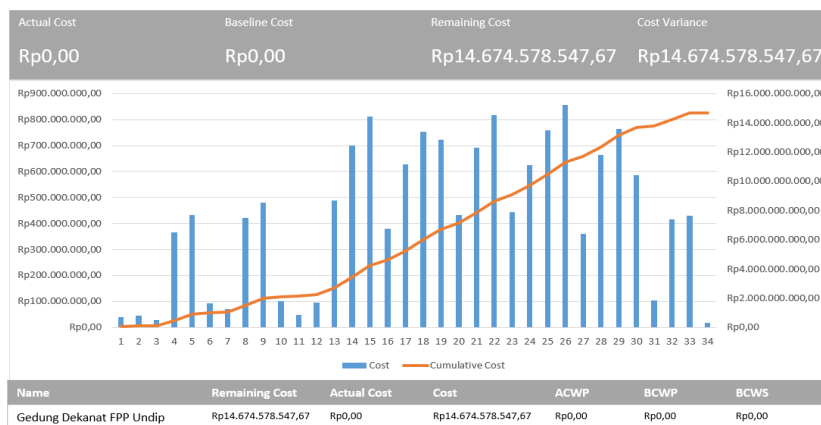
No.	Uraian Pekerjaan	Rekap Biaya (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	114.341.165,80
2	Pekerjaan Tanah	948.783.945,27
3	Pekerjaan Struktur Bawah	1.006.164.916,09
4	Pekerjaan Struktur Atas	12.605.288.520,51
Jumlah Biaya		14.674.578.547,67
PPN 12%		1.760.949.425,72
Total Biaya		16.435.527.973,39
Dibulatkan		16.435.527.000,00
Terbilang: Enam Belas Miliar Empat Ratus Tiga Puluh Lima Juta Lima Ratus Dua Puluh Tujuh Ribu Rupiah		

3.7. Penjadwalan proyek

Hasil rencana *time schedule* pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip diperoleh hasil lama pembangunan sebanyak 32,9 minggu yang dimulai pada 16 Juni 2025 dan selesai pada 1 Februari 2026. Estimasi waktu pekerjaan dilaksanakan selama 7 hari dalam seminggu dengan total jam kerja per hari pukul 08.00–12.00, 13.00–17.00, 18.00–21.00 WIB. Adapun penjadwalan proyek Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



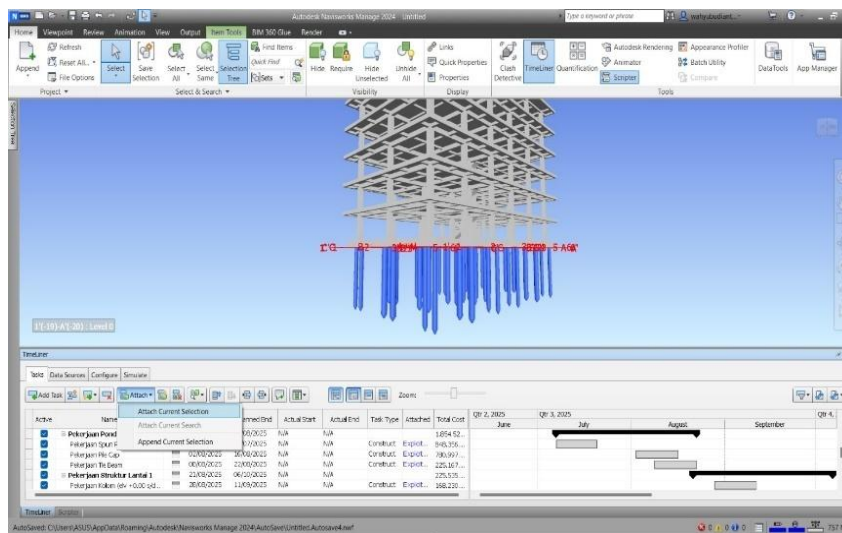
Gambar 9. Penjadwalan proyek



Gambar 10. Kurva S rencana proyek

3.8. Integrasi BIM 5D

Proses integrasi dilakukan menggunakan *software Autodesk Navisworks*. Proses integrasi BIM 5D dilakukan dengan menggabungkan hasil pemodelan 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan hasil penjadwalan untuk dibuat sebuah simulasi pekerjaan proyek. Adapun hasil integrasi menggunakan *Navisworks* ditunjukkan pada Gambar 11



Gambar 11. Proses integrasi penjadwalan dan RAB proyek

4. Kesimpulan

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil dalam perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip sebagai berikut:

- Perencanaan dimensi pada *preliminary design* Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro sebanyak 6 lantai dinyatakan memenuhi terhadap kekuatan struktur pada analisis menggunakan SAP2000.
- Sesuai dengan hasil perhitungan beban gempa, wilayah Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro termasuk dalam wilayah IV dengan kategori desain seismik D. Sehingga wilayah ini termasuk dalam wilayah dengan resiko kegempaan tinggi. Oleh karena itu, direncanakan pembangunan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Berdasarkan hasil *quantity take off*, diperoleh perhitungan volume dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek sebesar Rp 16.435.527.000,-.
- Diperoleh hasil penjadwalan proyek Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip yang direncanakan selama 32,9 minggu dengan jumlah jam kerja selama 11 jam per hari.

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk struktur Afnaldi, Ade., Masril., Dewi, & Selpa. (2022). Perencanaan Struktur Atas Pembangunan Kantor Camat Kecamatan Kinali Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Ensiklopediaku, 1(2), (2022)
- Badan Pusat Statistik. (2023). Jumlah Penduduk Pertengahan Tahun (Ribu Jiwa) 2021-2023. Diambil dari Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/indicator/12/1975/1/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013). Standar Nasional Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). Standar Nasional Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019). Standar Nasional Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020). Standar Nasional Indonesia
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2018). Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM). https://simantu.pu.go.id/epel/edok/29a17_MODUL_3-PRINSIP_DASAR_SISTEM_TEKNOLOGI_BIM.pdf
- PPIUG. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung
- Pratama, Ahmad Fawzi & Dr. Ir. Budi Witjaksana, S.t., M.t., Nipu, ASEAN Eng. (2022). Implementasi Autodesk Revit Untuk Quantity Take Off Pada Pekerjaan Struktur Jembatan. Jurnal Kacapuri Keilmuan Teknik Sipil, 5(1), (2022)
- Prayoga, Dedek. (2021). Evaluasi Perencanaan Struktur Atas Hotel Grand Central Premier Medan. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 10(1), (2021). <https://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/tekniksipil/article/view/2208/1958>
- Rachmawati, Septiana. (2022). Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Perencanaan Time Schedule Dengan Analisis Resources Levelling. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Rambe, A. R. (2022). Desain Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Wilayah Gempa. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rumbyarso, Yonas Prima Arga. (2021). Perencanaan Struktur Bangunan Atas (Upper Structure) Gedung STIE Bank BPD Jateng Kota Semarang. Jurnal Teknokris, 24(1), (2021)
- Sari, Citra A. P., Taufiq, Pramono, & Khamid. (2024). Analisis Perhitungan Struktur Kolom dengan Menggunakan Program SAP2000 (Studi Kasus Pondok Pesantren Assalafiyah 05 Kligangsa Kulon Kabupaten Brebes. Jurnal Ilmiah, Teknik, dan Sistem Informasi, 2(3), (2024)
- Silitonga, Rinaldi A. P., Simatupang, & Messah. (2023). Studi Pengaruh Tangga pada Pemodelan Struktur Bangunan Tak Beraturan Akibat Beban Gempa. Jurnal Teknik Sipil, 12(1), (2023). <https://www.sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/view/548/387>
- Yasin, Mochammad. (2022). Analisis Kuat Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang ini pada Gedung Rawat Jalan Poliklinik Terpadu di Kecamatan Pangkalan Kerinci. Tugas Akhir, Universitas Islam Riau: Riau: Tugas Akhir tidak diterbitkan